

BEST AVAILABLE COPY

AO

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

①2 Offenlegungsschrift  
①1 DE 36 15 305 A 1

⑤1 Int. Cl. 4:  
G 02 B 6/00  
G 02 B 5/30  
C 03 C 25/00

②1 Aktenzeichen: P 36 15 305.2  
②2 Anmeldetag: 6. 5. 86  
④3 Offenlegungstag: 12. 11. 87

Patentamt

DE 36 15 305 A 1

⑦1 Anmelder:  
Licentia Patent-Verwaltungs-GmbH, 6000 Frankfurt,  
DE

⑥1 Zusatz zu: P 35 34 737.6

⑦2 Erfinder:  
Böhm, Konrad, Dr., 7900 Ulm, DE

⑤4 Verfahren zum Herstellen eines faseroptischen Polarisators

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen eines faseroptischen Polarisators, insbesondere in einer kostengünstigen Massenfertigung. Dabei wird zunächst an einem kollabierten Vorformstab eine tangential Fläche angeschliffen und die derart bearbeitete Vorform zu einem Lichtwellenleiter ausgezogen, der anschließend mit einer Kunststoff-Schutzschicht beschichtet wird. Diese wird dann auf einem Bereich von einigen cm entfernt und an dem Lichtwellenleiter eine hochgenaue weitere Fläche angeätzt, auf die anschließend eine polarisierende  $\text{CaF}_2/\text{Al}$ -Beschichtung aufgedampft wird.

DE 36 15 305 A 1

# 1. Verfahren zum Herstellen eines faseroptischen Polarisators bestehend aus

- einem Lichtwellenleiter, an dem tangential eine Fläche angebracht ist, welche dem lichtführenden Kern des Lichtwellenleiters nahekommt bzw. berührt,
- einer dielektrischen Schicht, die auf die Fläche aufgebracht wird, sowie
- einer Metallschicht, die auf die dielektrische Schicht aufgebracht wird, nach DPB . . . (Patentanmeldung P 35 34 737.6)

dadurch gekennzeichnet,

- daß eine dem Lichtwellenleiter entsprechende Vorform (1) hergestellt wird,
- daß an der Vorform (1) eine tangential im wesentlichen ebene Fläche (4) angebracht wird, die dem Kernbereich (2) der Vorform (1) nahekommt,
- daß die derart bearbeitete Vorform (Fig. 2) im wesentlichen unter Beibehaltung der Querschnittsform zu dem Lichtwellenleiter ausgezogen wird, derart, daß daran eine erste Fläche (4') entsteht,
- daß auf der ersten Fläche (4') eine zweite Fläche (4'') angeätzt wird, deren Länge (L) und deren Abstand zum lichtführenden Kern (2') entsprechend den optischen Eigenschaften des Polarisators gewählt werden,
- daß auf die zweite Fläche (4'') die dielektrische Schicht (5) sowie die Metallschicht (6) aufgebracht werden und
- daß der Lichtwellenleiter zumindest außerhalb der zweiten Fläche (4'') von einer Schutzschicht (8) umgeben wird.

# 2. Verfahren zur Herstellung eines faseroptischen Polarisators nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die bearbeitete Vorform (Fig. 2) derart zu dem Lichtwellenleiter ausgezogen wird, daß eine Einschnürring (7) entsteht im Bereich der zweiten Fläche (4'') (Fig. 5).

# 3. Verfahren zur Herstellung eines faseroptischen Polarisators nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der beschichtete Lichtwellenleiter nachträglich zumindest im Bereich der zweiten Fläche (4'') gekrümmt wird, daß durch die Krümmung die optischen Eigenschaften eingestellt werden und daß die Lage eines derart gekrümmten Lichtwellenleiters mechanisch festgelegt wird.

# 4. Verfahren zur Herstellung eines faseroptischen Polarisators nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die dielektrische Schicht (5) aus Kalziumfluorid besteht und daß die Metallschicht (6) Aluminium enthält.

# 5. Verfahren zur Herstellung eines faseroptischen Polarisators nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Schutzschicht (8) unmittelbar nach dem Ziehen des Lichtwellenleiters aufgebracht wird und daß die Schutzschicht (8) aus einem strahlungsvernetzbaaren Kunststoff besteht.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen eines faseroptischen Polarisators nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Aus der DE-OS 33 05 104 ist ein derartiges Verfahren bekannt, bei welchem ein Quarzglas-Lichtwellenleiter, z.B. ein Monomode-Lichtwellenleiter, gekrümmt und tangential angeschliffen wird. In Abhängigkeit von den herzustellenden optischen Eigenschaften des Polarisators erfolgt der Anschliff derart, daß die entstehende im wesentlichen ebene Fläche den lichtführenden Kern des Lichtwellenleiters lediglich berührt oder daß der Kern sogar ebenfalls angeschliffen wird. Auf die derart angeschliffene Fläche wird anschließend eine dielektrische Schicht sowie eine Metallschicht aufgebracht. Die Länge der derartigen Beschichtung beeinflusst ebenfalls die optischen Eigenschaften des Polarisators.

Ein derartiges Verfahren hat den Nachteil, daß insbesondere die Tiefe des Anschliffs in schwieriger und daher unwirtschaftlicher Weise kontrollierbar ist. Denn bei einem vorzugsweise verwendeten Monomode-Lichtwellenleiter mit einem Durchmesser des lichtführenden Kerns von ungefähr 9 µm ist es beispielsweise erforderlich, den Abstand der angeschliffenen Fläche von dem Kern mit einer Genauigkeit von ungefähr ± 1 µm zu bestimmen. Es ist weiterhin erforderlich, daß die angeschliffene Fläche auf einer vorgebbaren Länge einen möglichst gleichbleibenden Abstand von dem lichtführenden Kern besitzt. Diese Bedingung erfordert in nachteiliger Weise eine hochgenaue Einstellung der Krümmung des Lichtwellenleiters vor dem Anschliff der Fläche.

Aus dem Hauptpatent DPB . . . (deutsche Patentanmeldung P 35 34 737.6) ist es weiterhin bekannt, zunächst eine Vorform herzustellen entsprechend dem herzustellenden Lichtwellenleiter.

Fig. 1 zeigt eine derartige stabförmige Vorform, aus der beispielsweise ein Quarzglas-Monomode-Lichtwellenleiter ziehbar ist. Die Vorform 1 wird z.B. nach dem sogenannten MCVD-Verfahren durch Innenbeschichtung eines Quarzrohres hergestellt, das anschließend zu dem dargestellten Vollstab kollabiert wird. Dieser besitzt einen lichtführenden Kern 2, der z.B. einen Durchmesser von ungefähr 1 mm besitzt, einen diesen umgebenden Mantel 3, der z.B. einen Außendurchmesser von ungefähr 18 mm besitzt, sowie eine beispielhafte Länge von ungefähr 500 mm.

Gemäß Fig. 2 wird nun im wesentlichen parallel zur Längsachse der Vorform 1 eine tangential im wesentlichen ebene Fläche 4 angebracht, z.B. durch Schleifen. Diese Fläche 4 besitzt von dem Außendurchmesser des Kerns 2 einen beispielhaften Abstand von 0,5 mm. Ein derartiger Abstand ist bei einer industriellen Fertigung kostengünstig mit einer guten Genauigkeit von z.B. 1% herstellbar. Die derartig bearbeitete Vorform wird nun im wesentlichen unter Beibehaltung der nahezu halbkreisförmigen Form der Querschnittsfläche zu einem Lichtwellenleiter ausgezogen.

Dieser besitzt dann beispielsweise gemäß Fig. 3 einen lichtführenden Kern 2' mit einem Durchmesser von 5 µm, einen Mantel 3' mit einem Außendurchmesser von 100 µm sowie einen Abstand von 2,5 µm für die erste Fläche 4' von dem Außendurchmesser des Kerns 2'. Auf diese erste Fläche 4' wird nun eine dielektrische Schicht 5, vorzugsweise eine CaF<sub>2</sub>-Schicht mit einer Dicke von ungefähr 0,15 µm und einer Länge L von ungefähr 10 mm, aufgebracht. Auf die dielektrische Schicht 5

BEST AVAILABLE COPY

wird anschließend eine Metallschicht 6, z.B. eine Aluminiumschicht mit einer Dicke von ungefähr  $1\mu\text{m}$ , aufgebracht. Diese Schichtenfolge ist an sich bekannt aus der eingangs erwähnten DE-OS 33 05 104.

Insbesondere für eine gewerbliche Anwendung ist es nun zweckmäßig, einen derartigen Polarisator mit einer schützenden Kunststoffschicht zu umgeben. Dadurch tritt in dem Faserbereich, der nicht durch die polarisierenden Schichten 5, 6 bedeckt ist, eine starke Dämpfung der im lichtführenden Kern 2' geführten Lichtwellen auf. Dies ist besonders dann der Fall, wenn die Kunststoffschicht einen höheren Brechungsindex als der Kern 2' und/oder der Mantel 3' besitzt. Diese störende Dämpfung beträgt z.B. ungefähr 40 dB/m für die im Kern 2' geführte Lichtwelle.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, zu einem gattungsgemäßen Verfahren weitere Ausbildungen anzugeben, bei denen insbesondere eine störende optische Dämpfung vermieden wird.

Diese Aufgabe wird gelöst durch die im kennzeichnenden Teil des Patentanspruchs 1 angegebenen Merkmale. Vorteilhafte Ausgestaltungen und/oder Weiterbildungen sind den Unteransprüchen entnehmbar.

Ein Vorteil der Erfindung besteht darin, daß durch einen zusätzlichen Ätzzvorgang eine im wesentlichen ebene Fläche herstellbar ist, deren Abstand zum lichtführenden Kern sehr genau einstellbar ist. Dadurch sind in kostengünstiger und reproduzierbarer Weise faseroptische Polarisatoren mit guten Polarisations Eigenschaften und geringer Dämpfung für die durchgelassene Lichtwelle herstellbar.

Die Erfindung wird im folgenden anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Fig. 4 und 5 näher erläutert.

Fig. 4 zeigt einen Längsschnitt durch ein erstes Ausführungsbeispiel.

Fig. 5 zeigt eine perspektivische Ansicht zur Erläuterung eines zweiten Ausführungsbeispiels.

Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 4 wird zunächst eine stabförmige Vorform gemäß Fig. 1 hergestellt. An diese wird nun gemäß Fig. 2 eine Fläche 4 angeschliffen derart, daß bei einem daraus hergestellten Lichtwellenleiter gemäß Fig. 3 eine erste Fläche 4' entsteht, die zu dem lichtführenden Kern 2' einen beispielhaften Abstand von ungefähr  $12\mu\text{m}$  besitzt. Unmittelbar nach dem Ziehvorgang wird der Lichtwellenleiter auf seiner Außenseite mit einer schützenden Kunststoffschicht 8 beschichtet, die aus einem durch Strahlung aushärtbaren Kunststoff besteht, der derzeit für die Kunststoffummantelung, sogenanntes Coating, verwendet wird. Es entsteht ein Lichtwellenleiter der für das im Kern 2' geführte Licht eine Dämpfung von kleiner 0,01 dB/m besitzt. Bei einem solchen Lichtwellenleiter wird nun gemäß Fig. 4 die Kunststoff-Schutzschicht 8 auf einer Länge von ungefähr 20mm entfernt. Anschließend wird in die erste Fläche 4' eine Vertiefung eingeätzt, z.B. mit Flußsäure (HF), so daß eine zweite Fläche 4'' entsteht, deren Länge L von den zu erzeugenden optischen Eigenschaften des Polarisators abhängt und vorzugsweise in einem Bereich von 1mm bis 15mm liegt. Die Länge L beträgt z.B. 5mm. Über die Ätzeit ist zwischen der zweiten Fläche 4'' und dem Kern 2' ein vorgebarbarer Abstand einstellbar, der vorzugsweise kleiner  $3\mu\text{m}$  ist und z.B.  $2\mu\text{m}$  beträgt. Auf diese zweite Fläche 4'' wird anschließend eine polarisierende Schichtenfolge aufgebracht, die aus der DE-OS 33 05 104 bekannt ist. Diese Schichtenfolge besteht z.B. aus einer dielektrischen Schicht 5, z.B. einer  $\text{CaF}_2$ -Schicht mit einer Dicke von

ungefähr  $0,15\mu\text{m}$ , und einer darauf aufgedampften Metallschicht 6, z.B. einer Al-Schicht mit einer Dicke von ungefähr  $1\mu\text{m}$ .

Ein derartiger Polarisator hat einen Polarisationsgrad größer als 99,99%.

Es ist nun vorteilhafterweise möglich, die Kunststoff-Schutzschicht 8 wieder zu ergänzen, so daß insbesondere die Metallschicht 6 vor Korrosion geschützt wird ohne daß dadurch wesentliche Veränderungen der optischen Eigenschaften des Polarisators erfolgen.

In dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 5 befindet sich eine Einschnürung 7 im zu beschichtenden Bereich mit der Länge L. Eine derartige Einschnürung ist beispielsweise dadurch herstellbar, daß während des Ziehvorgangs des Lichtwellenleiters die Ziehgeschwindigkeit kurzfristig erhöht wird. Außerdem ist es möglich, den Lichtwellenleiter nachträglich zu erwärmen und die Einschnürung 7 dann durch einen nachträglichen Ziehvorgang herzustellen.

Nach der anhand der Fig. 3 beschriebenen  $\text{CaF}_2$ -Beschichtung entsteht für die unerwünschten Polarisationsrichtungen des Lichts eine erhöhte Wechselwirkung mit der Al-Metallschicht. Der in der Einschnürung 7 verminderte Kerndurchmesser bewirkt eine stärkere Ausdehnung des Feldes des Grundmodus des Lichts in den Mantel 3', wodurch das Feld auch stärker in die Metallschicht eindringt. Dadurch werden die unerwünschten Polarisationsrichtungen absorbiert und der Polarisator erhält in vorteilhafter Weise einen erhöhten Polarisationsgrad.

Eine weitere Möglichkeit, die Wechselwirkung zwischen dem Feld des Grundmodus und der Metallschicht zu erhöhen, besteht darin, den beschichteten Lichtwellenleiter nachträglich derart zu krümmen, daß eine gekrümmte Fläche 4'' sowie eine gekrümmte  $\text{CaF}_2/\text{Al}$ -Beschichtung entsteht. Dabei liegt der zugehörige Krümmungsradius z.B. in einem Bereich von unendlich bis ungefähr 3 mm. Im Krümmungsbereich wird das Feld des Grundmodus ebenfalls in den Mantel 3' sowie die Metallschicht gedrängt, so daß dadurch eine nachträgliche Feinabstimmung des Polarisators möglich wird. Anschließend wird die Krümmung mechanisch festgelegt, z.B. durch Aufkleben des gekrümmten Lichtwellenleiters auf ein Substrat, das z.B. aus Quarzglas oder Keramik besteht.

3615305

1/1

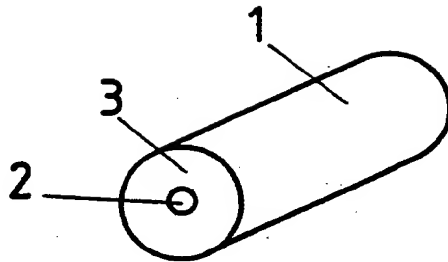


FIG. 1

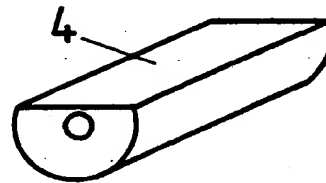


FIG. 2

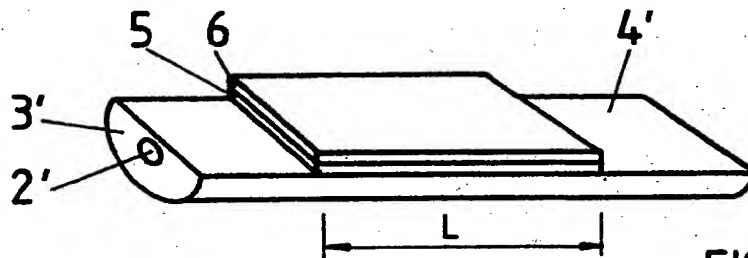


FIG. 3

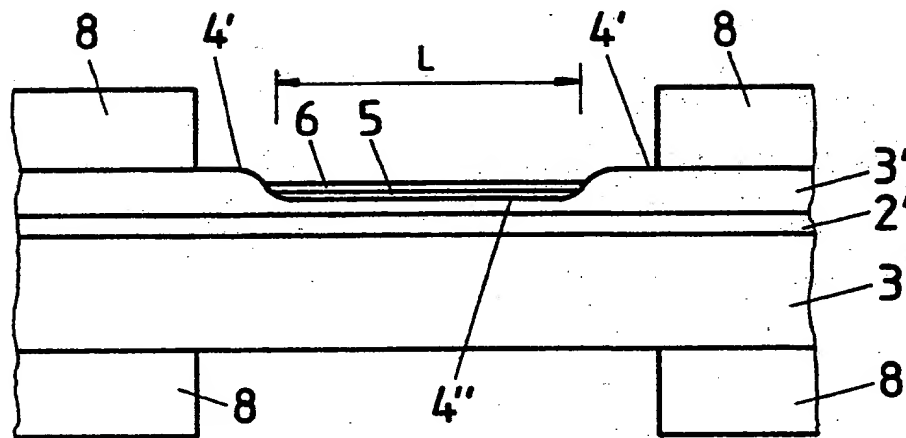


FIG. 4

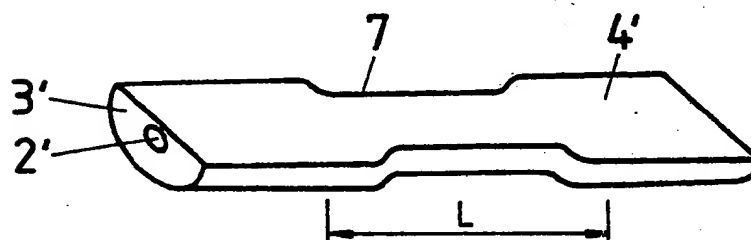


FIG. 5

BEST AVAILABLE COPY